

таллов позволяют в одном устройстве совместить функции теплового и электромагнитного расцепителей.

Обычно в тепловом расцепителе термобиметаллическая пластина неподвижно закреплена одним концом, а второй, не закрепленный, конец воздействует на механизм свободного расцепления в результате деформаций изгиба. В случае использования термобиметаллической пластины в качестве якоря электромагнитного расцепителя такой способ крепления нежелателен, поскольку деформации изгиба под действием магнитного поля потребуют неоправданно большей величины этого поля. Желательно совмещение упругих деформаций термобиметаллической пластины в результате нагрева с возможностью изменения ее положения под действием электромагнитного притяжения. В частности, эти условия можно реализовать в расцепителе с поворотным якорем из термобиметалла. Для фиксации положения якоря и возможности калибровки как по току перегрузки, так и по току короткого замыкания могут служить перемещаемый упор с одной стороны оси поворота якоря и возвратная пружина с другой стороны, вследствие чего якорь оказывается прижатым к упору.

Конкретный вариант конструкции устройства, в котором используются ферромагнитные свойства термобиметаллического элемента, определяются в большинстве случаев требуемыми время-токовыми характеристиками и условиями эксплуатации.

1. Кашпар Ф. Термобиметаллы в электротехнике. – М.-Л.: Энергоиздат, 1961. – 448 с.

2. Брезинский В.Г., Намитокоев К.К., Харченко В.Ф. Встроенный в пускорегулирующий аппарат стартер с мгновенным размыканием контакта // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 38. - К.: Техніка, 2002. – С.222-225.

3. Физический энциклопедический словарь. Т2. – М.: Советская энциклопедия, 1962. – С.170.

4. Аветисов Г.Э., Брезинский В.Г., Намитокоев К.К. Термозлектромагнитный стартер для люминесцентных ламп // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.18. – К.: Техніка, 1999. – С.178-180.

5. Патент Украины №43671 А, МПК7 Н05В41/02, 2002.

Получено 10.12.2002

УДК 621.327

С.С.ОВЧИННИКОВ, д-р техн. наук, В.Н.ПОЛИЩУК, канд. техн. наук,
А.В.САПРЫКА

Харьковская государственная академия городского хозяйства

РАСЧЕТ УДЕЛЬНОЙ ЭРОЗИИ ЭЛЕКТРОДОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

Показана возможность расчета удельной скорости эрозии на основе анализа ре-

жимов растекания тока по поверхности электродов.

Предлагаемая методика базируется на детальном рассмотрении динамики эрозионных процессов на электродах в течение импульса или периода разрядного тока. Она построена на основе анализа режимов растекания тока и экспериментально определенных значений удельных скоростей эрозии в каждом из режимов. Целью разработки методики является расчет скорости эрозии на протяжении импульса или периода тока.

В наиболее общем виде методику расчета количества эродированного вещества за один импульс можно представить в следующем виде [1]. В качестве исходных данных для расчета принимаем:

1. Зависимость мгновенных значений тока от времени $i = f(t)$.

2. Площадь рабочей поверхности катода S_k .

3. Значение потока тепла на поверхность катода $q(t) = U_k i(t)$.

4. Теплофизические константы материала электрода.

5. Зависимость j_{kp1} (средней по рабочей поверхности плотности тока, соответствующей границе перехода от режима с быстроперемещающимися пятнами к режиму с медленноперемещающимися пятнами) от средней температуры поверхности катода.

6. Зависимость j_{kp2} (соответственно от режима медленноперемещающихся пятен к режиму распределенного пятна) от средней температуры поверхности катода.

7. Зависимость j_{kp3} – плотность тока, при которой наблюдается резкое увеличение скорости эрозии в режиме распределенного пятна при увеличении температуры поверхности катода от средней по поверхности температуры катода.

8. Значения удельной эрозии в каждом из режимов:

$$\gamma_1 = \frac{dm_1}{dq} \text{ – в режиме с быстроперемещающимися пятнами;}$$

$$\gamma_2 = \frac{dm_2}{dq} \text{ – в режиме с медленноперемещающимися пятнами;}$$

$$\gamma_3 = \frac{dm_3}{dq} \text{ – в режиме с распределенным пятном;}$$

$$\gamma_4 = \frac{dm_4}{dq} \text{ – в режиме распределенного пятна с плотностью тока}$$

больше j_{kp3} .

Значения $\gamma_1 - \gamma_4$ в настоящее время могут быть определены только экспериментально и в общем случае могут зависеть от температуры катода.

Таким образом, исходные данные для расчета включают в себя $i(t); q(t); j_{kp1}(T); j_{kp2}(T); j_{kp3}(T); \gamma_1; \gamma_2; \gamma_3; \gamma_4$.

На основе решения уравнения теплопроводности рассчитываем динамику температуры поверхности электрода на протяжении импульса разрядного тока:

$$\Delta T = f(T).$$

Для неизменной формы импульса тока приращение температуры может быть рассчитано в относительных единицах, тогда зависимость $\Delta T = f(\tau)$ будет однозначно определяться одним параметром – T_{\max} , как это было описано в [2] для колоколообразной формы импульса, описываемой уравнением

$$i = I_0 e^{-\frac{t}{2\tau}} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{t}{\tau}\right).$$

В остальных случаях зависимость $\Delta T = f(t)$ необходимо рассчитывать, используя, например, методику, приведенную нами ранее. Затем требуется найти значения t_1, t_2, t_3 , при которых происходит взаимный переход режимов растекания тока: быстроперемещающиеся пятна – медленноперемещающиеся пятна – распределенное пятно – перегрев поверхности катода (соответственно). Для этого необходимо решить соответственно системы уравнений:

$$\left. \begin{matrix} i = f(t) \\ i_{kp1} = f(t) \end{matrix} \right\} \rightarrow t_1; \quad \left. \begin{matrix} i = f(t) \\ i_{kp2} = f(t) \end{matrix} \right\} \rightarrow t_2; \quad \left. \begin{matrix} i = f(t) \\ i_{kp3} = f(t) \end{matrix} \right\} \rightarrow t_3.$$

Зависимость $i_{kp} = f(t)$ вычисляем по данным $j_{kp} = f(T)$ и $T = f(t)$.

Учитывая сложный характер зависимостей $j_{kp}(T)$ и $T = f(t)$, практическую невозможность представления $j_{kp}(T)$ в аналитическом виде, решение приведенных систем уравнений должно проводиться численными методами.

Затем определяется количество эродированного за импульс вещества катода в каждом из четырех режимов:

$$\Delta M = \int_0^{t_1} \gamma_1(t)i(t)dt + \int_{t_1}^{t_2} \gamma_2(t)i(t)dt + \int_{t_2}^{t_3} \gamma_3(t)i(t)dt + \int_{t_3}^{\tau_4} \gamma_4(t)i(t)dt ,$$

так как в общем случае удельная эрозия в каждом из режимов может зависеть от температуры катода.

Следует заметить, что в четвертом режиме скорость эрозии резко увеличивается, поэтому он не должен реализоваться в импульсных источниках света, за исключением случаев, когда заведомо допустим ограниченный ресурс наработки.

Удельная эрозия, усредненная за импульс, определяется соотношением

$$\frac{\Delta M}{\tau_u \int_0 i(t)dt} , \text{ г/Кл.}$$

Из изложенного следует, что детальное исследование эрозионных процессов на катодах для нестационарных условий (для источников света, работающих в импульсных режимах с различной частотой либо в циклических режимах, источниках, работающих на переменном токе, а также для стационарных источников излучения в переходных режимах) возможно при наличии ряда данных и зависимостей, которые в настоящее время могут быть определены только экспериментальным путем. Нами была поставлена задача определить значения удельной эрозии для различных режимов растекания тока, зависимости критических плотностей тока от температуры поверхности для наиболее широко распространенных электродных материалов – вольфрама торированного и вольфрама иттрированного. Аналогичные данные, полученные для других материалов, могут быть использованы как для расчетных целей, так и для сравнения эрозионной стойкости электродных материалов различного состава.

Для решения поставленной задачи были разработаны соответствующие методы исследований. В дальнейшем, при совершенствовании методов и разработке необходимой аппаратуры, их можно будет использовать для определения указанных характеристик различных электродных материалов как существующих, так и вновь разрабатываемых.

Экспериментально полученные данные позволяют для трех характеристик режимов растекания токов принять следующие значения

удельных скоростей эрозии:

1. Режим быстроперемещающихся пятен –
 торированный вольфрам $\gamma_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ г} \cdot \text{Кл}^{-1}$,
 иттрированный вольфрам $\gamma_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ г} \cdot \text{Кл}^{-1}$.
2. Режим медленноперемещающихся пятен –
 торированный вольфрам $\gamma_2 = f(T) = 2 \cdot 10^{-7} - 10^{-6} \text{ г} \cdot \text{Кл}^{-1}$,
 иттрированный вольфрам $\gamma_2 = f(T) = 3 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-6} \text{ г} \cdot \text{Кл}^{-1}$.
3. Распределенное пятно –
 торированный вольфрам $\gamma_3 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ г} \cdot \text{Кл}^{-1}$,
 иттрированный вольфрам $\gamma_3 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ г} \cdot \text{Кл}^{-1}$.

Количественные закономерности для четвертой области установить не удалось. При оптимизации режимов работы следует стремиться не достигать параметров, область которых ориентировочно определяется множеством значений, расположенных выше зависимости $\Delta T_{\max} = f(T_0)$, которая соответствует оптимальному соотношению температур для колоколообразной формы импульса разрядного тока.

1. Овчинников С.С. Эрозионная стойкость электродных материалов в импульсных источниках измерения // Лазерная техника и оптоэлектроника. – 1985. – Вып.4 (35). – С.80-85.

2. Гукетлев Ю.Х., Овчинников С.С. и др. Расчет термического режима работы катодов для оценки качества импульсных источников высокоинтенсивного света // Электронная техника. Сер.8. – 1979. – Вып.5(75) – С.70.

Получено 20.01.2003

УДК 65.011.56

М.В.БУЛАЕНКО, канд. техн. наук, В.И.БУЛАЕНКО
 Харьковская государственная академия городского хозяйства

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рассматриваются методы повышения эффективности работы систем дистанционного компьютерного обучения на основе автоматической генерации управляющих программ.

Современные информационные технологии, позволяющие создавать, перерабатывать, сохранять информацию и обеспечивать эффективные способы ее представления пользователю, стали важным фактором жизни общества, способом повышения эффективности управления всеми сферами общественной деятельности. Эволюционные процессы в экономике предполагают постоянное привлечение новых высококвал-